



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Pengembangan *Array* sensor Suhu dan Sistem Akuisisi Data Berbasis Mikrokontroler untuk Pengukuran Suhu Bawah Permukaan

Verna Albert Suoth ^{a*}, Didik R. Santoso^b, Sukir Maryanto^b

^aJurusan Fisika, FMIPA, Unsrat, Manado

^bJurusan Fisika, FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang

KATA KUNCI

Sensor LM35
RS-485
Mikrokontroler
RTU-MTU

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah sistem akuisisi data untuk survei panas bumi. Untuk menghasilkan sistem instrumentasi yang mampu mengukur dan memonitor distribusi suhu bawah permukaan diperlukan sistem akuisisi data yang murah dan efisien. Sistem dibangun berbasis jaringan sistem terdistribusi dengan topologi field-bus, menggunakan arsitektur *single-master multi-slave*. Master merupakan unit pengendali, dibangun berbasiskan sebuah PC yang dilengkapi dengan antarmuka RS-485. Slave merupakan unit sensing, tiap-tiap unit slave dibangun dengan mengintegrasikan sistem *array* sensor LM35 dengan sistem akuisisi data berbasis mikrokontroler menggunakan AVR ATmega8. Pengolahan data dari hasil pengukuran suhu ini menggunakan satu set komputer dengan perangkat lunak *microsoft excel 2010* untuk menghasilkan grafik pada titik pengukuran. Hasil implementasi dari monitoring suhu ini akan menggambarkan distribusi suhu bawah permukaan tanah.

KEYWORDS

LM35 Sensor
RS-485
Microcontroller
RTU-MTU

ABSTRACT

A data acquisition system for geothermal survey was developed in this research. Cheap and efficient data acquisition system was required to produce the instrumentation system which was capable to measure and monitor the distribution of subsurface temperature. The system consists of field-bus topology, using single-master multi-slave architecture. Master is a control unit built based on a PC equipped with RS-485 interface. Slave is a sensing unit; each slave is built by integrating array sensor LM35 within AVR ATmega8a microcontroller-based data acquisition system. Measurement techniques included sounding and mapping system by placing four slaves planted in the depth of 2.5 m. Processing of data obtained from temperature measurements was performed using Microsoft Excel 2010 to produce graphics at point of measurement. The results of temperature monitoring will described the distribution of subsurface temperature.

AVAILABLE ONLINE

12 February 2013

1. Pendahuluan

Dalam sistem instrumentasi setidaknya memiliki empat bagian utama yaitu sensor, pengkondisi sinyal, pemroses data, dan penampil. Pemilihan sensor yang

tepat sangat penting dalam pengukuran ini, sehingga diharapkan sensor tersebut dapat mampu mendeteksi gejala-gejala suhu bawah permukaan tanah. Untuk pengukuran suhu, maka digunakan sensor suhu LM35. Sensor ini berfungsi untuk mengukur suhu permukaan bawah tanah. LM35

*Corresponding author: Jurusan Fisika FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: vernasuoth@yahoo.co.id
Published by FMIPA UNSRAT (2013)

merupakan sensor suhu yang akurat dimana tegangan keluarannya berbanding lurus dengan suhu dalam derajat celcius sebesar $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ (Datasheet LM35, 2000; Cheeke, 2007). Sistem instrumentasi ini dibangun di atas dua unit utama, yaitu Remote Terminal Unit (RTU) sebagai unit slave dan Master Terminal Unit (MTU) sebagai unit master (Santoso, 2010). Unit slave ini merupakan penginderaan pada unit sensor yang dilengkapi dengan sistem akuisisi data berbasis mikrokontroler. Unit master dibangun berdasarkan PC, dan menginstal perangkat lunak aplikasi untuk data logger, memungkinkan pengguna mengetahui suhu bawah permukaan tanah dari aktivitas panas bumi yang dipantau secara real time. Fungsi kerja slave sepenuhnya dikontrol oleh unit master (Santoso, et al., 2012).

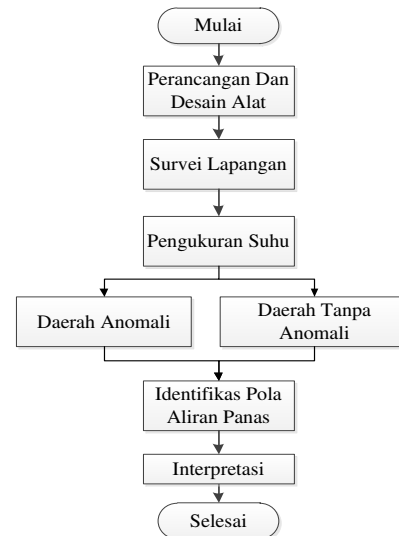
Komunikasi secara serial (*serial communications*) merupakan cara menghantar data yang lebih mudah dibandingkan komunikasi paralel (*parallel communications*) disebabkan sistem komunikasi paralel terlalu mahal untuk kegunaan jarak jauh. Salah satu standart komunikasi serial yang dipakai adalah Teknik RS-485, Teknik ini adalah teknik komunikasi data serial yang dapat dilakukan pada jarak yang cukup jauh yaitu 1,2 Km dan dapat digunakan untuk menghubungkan 32 unit beban. Standard RS-485 mendukung komunikasi data *half-duplex*, ini berarti bahwa untuk mengirimkan dan menerima data hanya menggunakan 2 jalur kabel (Axelson, 1998; Vitria, 2008).

Penelitian ini sebelumnya dikembangkan oleh Arif Ismul Hadi dan Refrizon (2005), dalam penelitiannya adalah mengukur suhu bawah permukaan untuk menghasilkan model distribusi namun sistem diterapkan masih menggunakan sistem pengukuran manual, dengan mengukur suhu secara langsung pada kedalaman 75 cm. Dengan demikian tidak efektif untuk kebutuhan pengukuran suhu di banyak titik pengukuran. Atas dasar permasalahan ini maka seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi instrumentasi saat ini, maka dikembangkan sistem instrumentasi menggunakan arsitektur sistem terdistribusi. Sistem terdistribusi merupakan kumpulan beberapa sensor suhu yang terhubung melalui sistem jaringan terintegrasi. Sistem pengukuran terdistribusi yaitu sistem terbuka yang dapat menghasilkan sensor dalam satu payung, artinya sistem ini dapat melakukan pengukuran secara simultan (Santoso, 2005).

2. Bahan dan Metode

Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi studi literatur guna memperoleh informasi pada penelitian-penelitian sebelumnya dan mencari referensi pendukung dalam penelitian yang akan dilakukan. Langkah selanjutnya adalah mendesain dan membuat sistem instrumentasi pengukuran

suhu yang ingin diharapkan, setelah alat telah jadi kemudian diuji. Pengujian dilakukan dua kali, yang pertama dengan membandingkan hasil pengukuran suhu dengan termometer dan yang kedua pengujian dilapangan dengan membandingkan hasil pengukuran suhu pada daerah beranomali panas bumi dan daerah yang tidak beranomali panas bumi. Diagram alir penelitian seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

2.1 Perancangan Dan Desain Sistem Instrumentasi

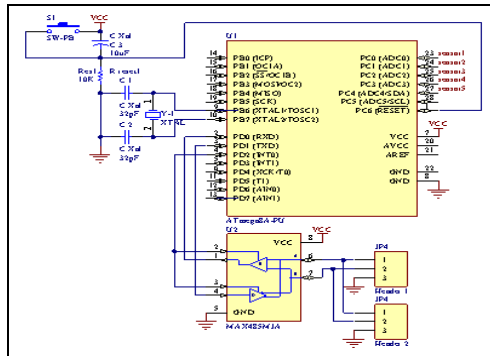
Perancangan sistem instrumentasi terdiri dari empat bagian utama, yaitu:

1. Bagian *Slave*, berfungsi sebagai sensor suhu yang mendeteksi keadaan suhu bawah permukaan tanah. Informasi yang diambil adalah kondisi temperatur dengan menggunakan LM35. Setiap data yang diambil berukuran 8 bit. Pengambilan data dilakukan setelah mendapatkan perintah, kemudian menunggu pengambilan data hingga selesai. Setelah itu data akan diolah oleh mikrokontroler menggunakan ATmega8 dan dikirim menuju *master* dengan menggunakan serial RS-485. Setiap melakukan pengukuran diletakkan empat *Slave*. Modul *slave* terdiri dari sensor LM35, pengkondisi Perancangan modul *slave* seperti Gambar 2

2. Bagian *Master*, berfungsi sebagai komunikasi data dari *master* ke komputer. Perancangan modul *master* ditunjukkan pada Gambar 3, modul *master* ini terdiri dari rangkaian konverter RS-485 ke RS-232 dan Rangkaian *power supply*. *Master* menerima data dari empat *slave*. Komunikasi data dari *Master* ke *slave* menggunakan serial RS-485. Untuk komunikasi menuju komputer, *Master* menggunakan konverter 485 ke 232. Hal ini disebabkan komputer tidak mampu membaca sinyal RS 485 sehingga diperlukan pengubah sinyal dari RS-485 ke RS-232.

3. Bagian Data Base dan Penampil, bagian ini dibuat menggunakan software Delphi yang dirancang sebagai penampil data hasil pengukuran suhu,

software ini juga berfungsi untuk menyimpan data dan mengolah data dari *Master*. Hasil pengukuran ini nantinya akan menghasilkan informasi suhu bawah permukaan tanah. Selain itu, dengan adanya data base, dapat membantu menyediakan informasi suhu secara *real time*.

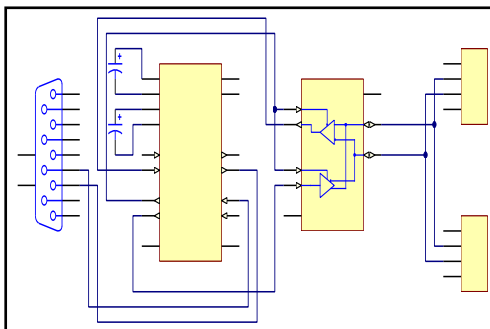


(a)



(b)

Gambar 2. (a). Rangkaian Schematic modul Slave; (b). Modul Slave hasil perancangan



(a)

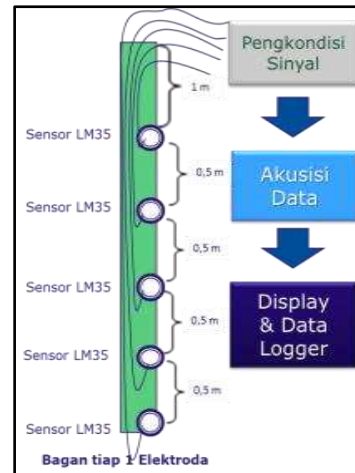


(b)

Gambar 3. (a). Rangkaian Schematic modul Master; (b). Modul Master hasil perancangan

Sistem instrumentasi digambarkan pada Gambar 4.. Sistem instrumentasi dibagi dalam empat unit.

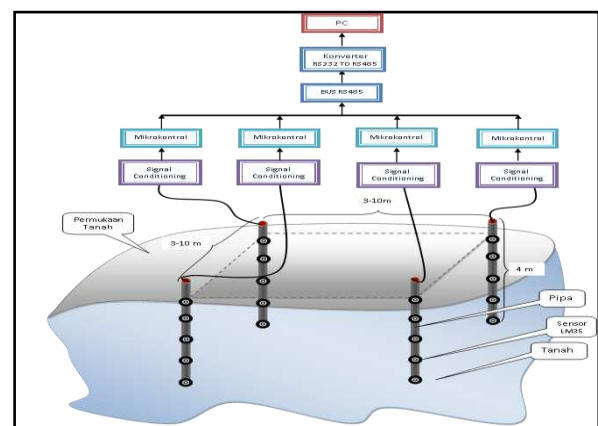
Pertama, sensor yang berfungsi mengukur suhu bawah permukaan tanah menggunakan LM35. Kedua, pengkondisi sinyal yang berfungsi mengkondisikan sinyal dari sensor agar sesuai dengan kebutuhan sinyal untuk mikrokontroler. Ketiga, akusisi data yang berfungsi mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang di kehendaki. Keempat, Penampil/*display*, yang berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran (Sahara, 2011).



Gambar 4. Sistem instrumentasi

2. 2 Prosedur Penelitian

Untuk pengambilan data pada pusat sumber mata air panas, terlebih dahulu dilakukan pemetaan dengan membuat lintasan disekitar pusat sumber mata air panas yang akan dijadikan tempat melakukan penelitian. Pengukuran suhu dilakukan setelah lubang dianggap stabil dan dilakukan pada pagi hari untuk menghindari pengaruh panas matahari, terutama untuk lokasi yang terbuka atau terkena sinar matahari secara langsung. Metode pengambilan data seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Metode pengambilan data.

Pengambilan data dilakukan secara *mapping* dan *sounding* dengan meletakkan 4 buah sensor elektroda dibawah permukaan tanah membentuk Grid A,B,C. Jarak antar elektroda 6 meter. Titik pengukuran dipilih pada pusat yang sangat panas yang memiliki tingkat yang paling panas. Sensor dimasukkan ke dalam lubang yang telah dilubangi. Data suhu yang telah diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan *microsoft excel* guna mendapatkan gradien suhu. Untuk mendapatkan model 3 dimensi digunakan *software Surfer*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan menempatkan sensor LM35 dan termometer dalam plat suhu yang sama kemudian membandingkan antara suhu penunjukan yang tertampil pada tampilan komputer terhadap penunjukan suhu pada termometer. Hasil pengujian sistem ditampilkan pada Tabel 1

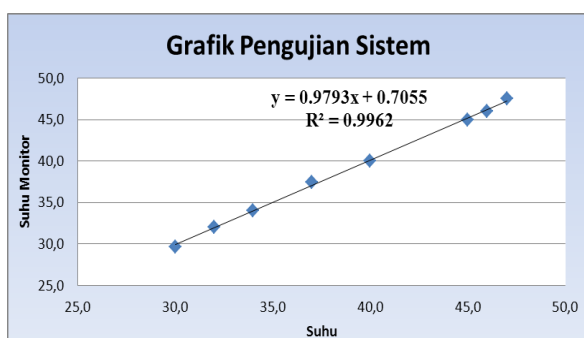
Tabel 1. Hasil pengujian sistem

Suhu	Tampilan suhu pada monitor	Selisi pengukuran
30 °C	29,7 °C	0,3 °C
32 °C	32,0 °C	0,0 °C
34 °C	34,0 °C	0,0 °C
37 °C	37,5 °C	0,5 °C
40 °C	40,0 °C	0,0 °C
45 °C	45,0 °C	0,0 °C
46 °C	46,0 °C	0,0 °C
47 °C	46,5 °C	0,5 °C

Gambar 6 menunjukkan grafik dari pengujian sistem keseluruhan pada pengukuran dua variabel yang terkait satu sama lain, secara linear dapat ditulis bentuk persamaan linearnya (Bevinton dan Robinson, 1992):

$$Y = aX + b$$

$$Y = 0,9793X + 0,7055$$



Gambar 6. Grafik pengujian sistem keseluruhan

3.2 Pengujian Sistem Akusisi Data Pada Dua Kondisi Daerah Pengukuran

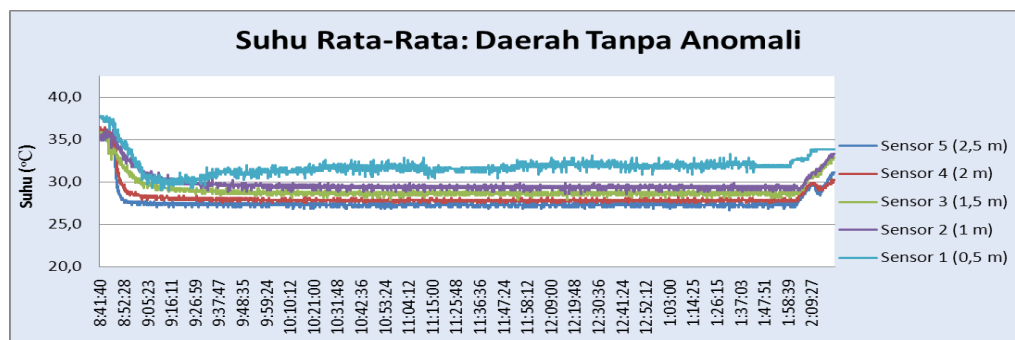
Pengujian sistem pengukuran dilakukan di dua kondisi daerah pengukuran yaitu daerah tanpa beranomali dan daerah anomali. Yang dimaksud dengan daerah tanpa anomali adalah daerah yang tidak memiliki sistem panas bumi, pada kondisi demikian, daerah ini hanya di pengaruhi oleh radiasi matahari, sedangkan daerah beranomali adalah satu kondisi dimana terdapat sifat-sifat fisik batuan yang ada dibawah permukaan, sifat-sifat fisik batuan dapat digunakan untuk memperkirakan adanya sistem panas bumi bawah permukaan. Pengujian sistem dilakukan di tempat terpisah. Daerah tanpa anomali berlokasi di lapangan sepak bola Universitas Brawijaya, sedangkan daerah anomali berlokasi di pemandian air panas Cangar. Pengukuran temperatur pada daerah beranomali dilakukan setelah lubang dianggap stabil dan dilakukan pada pagi hari untuk menghindari pengaruh panas dari permukaan, terutama untuk daerah/lokasi yang terbuka atau terkena sinar matahari secara langsung. Pengukuran temperatur lubang dilakukan beberapa tahap, yaitu : 1) pengukuran saat sensor diturunkan; 2) pengukuran saat sensor dimasukan dalam dasar lubang sampai stabil; dan 3) pengukuran saat probe sensor dinaikkan.

3.2.1 Daerah Tanpa Anomali

Hasil pengukuran suhu saat probe sensor di turunkan adalah 36,6°C sampai 37,4°C, sedangkan pengukuran suhu saat sensor dinaikan adalah 30,8°C sampai 34,0°C. Pengujian sistem di daerah tanpa anomali dilakukan di 4 titik pengukuran. Namun karena perolehan suhu pada masing-masing titik pengukuran sama, maka diambil suhu rata-rata dari keempat titik pengukuran tersebut. Gambar 7 menunjukkan suhu rata-rata daerah tanpa anomali di Lapangan sepak bola Universitas Brawijaya. Hasil pengukuran di lokasi daerah tanpa anomali, diperoleh suhu rata-rata seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Suhu rata-rata daerah tanpa anomali

Sensor	Kedalaman (m)	Suhu Tanpa Anomali (°C)	Suhu rata-rata (°C)
1	0,5	30,8 - 32,0	31,5
2	1	29,0 - 29,7	29,3
3	1,5	28,4 - 29,0	28,6
4	2	27,5 - 28,1	27,9
5	2,5	27,0 - 27,5	27,2



Gambar 7. Grafik tanpa anomali di Lapangan Sepak bola Universitas Brawijaya

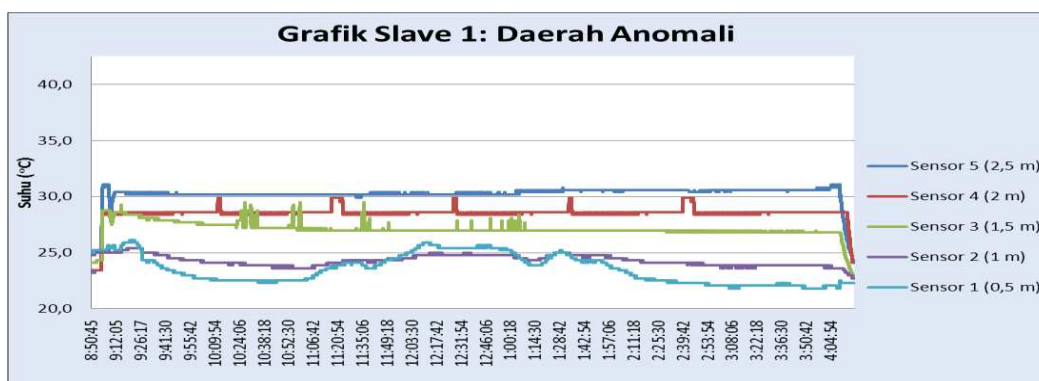
3.2.2 Daerah Anomali

Pengujian sistem di daerah tanpa anomali dilakukan di 4 titik pengukuran. Penentuan lubang sebagai titik lokasi pengukuran berdasarkan pada titik lokasi yang dekat dengan sumber mata air panas sampai jauh dari sumber. Hasil pengukuran suhu rata-rata dari keempat slave, pada saat probe sensor di turunkan adalah 23,2°C sampai 25°C, sedangkan pengukuran suhu saat sensor dinaikan adalah 22,3°C sampai 23,7°C. Gambar 8 menunjukkan

grafik daerah anomali. Selama proses pengukuran terdapat perbedaan suhu pada masing-masing *slave*. Pada *slave* 1 suhu tertinggi pada kedalaman 2,5 meter adalah 30,2 °C, *slave* 2 suhu tertinggi pada kedalaman 2,5 meter adalah 35,6 °C, *slave* 3 suhu tertinggi pada kedalaman 2,5 meter adalah 39,2 °C, *slave* 4 suhu tertinggi pada kedalaman 2,5 meter, adalah 40,3 °C. Hasil Pengukuran di masing-masing titik pengukuran pada keempat *slave* ditampilkan pada Tabel 3.

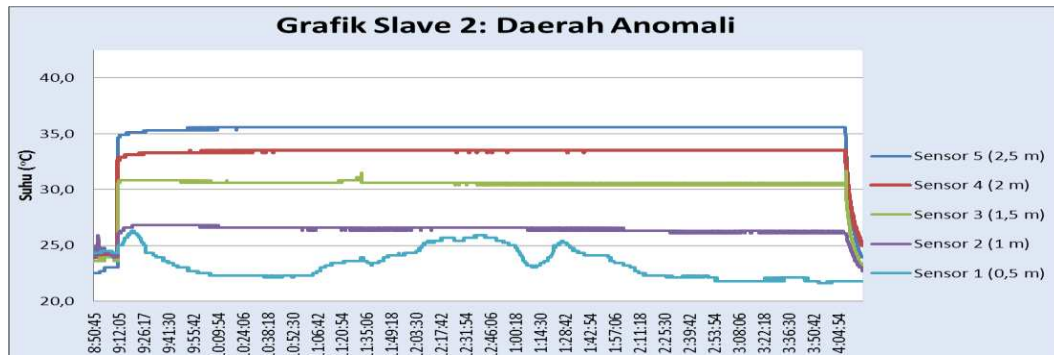
Tabel 3. Hasil pengukuran daerah anomali

Sensor	Kedalaman (m)	Slave 1 (°C)	Slave 2 (°C)	Slave 3 (°C)	Slave 4 (°C)
1	0,5	24,3	24,8	26,3	30,2
2	1	24,8	26,6	32,6	36,2
3	1,5	27,0	30,6	38,0	39,4
4	2	28,6	33,5	38,2	40,1
5	2,5	30,2	35,6	39,2	40,3

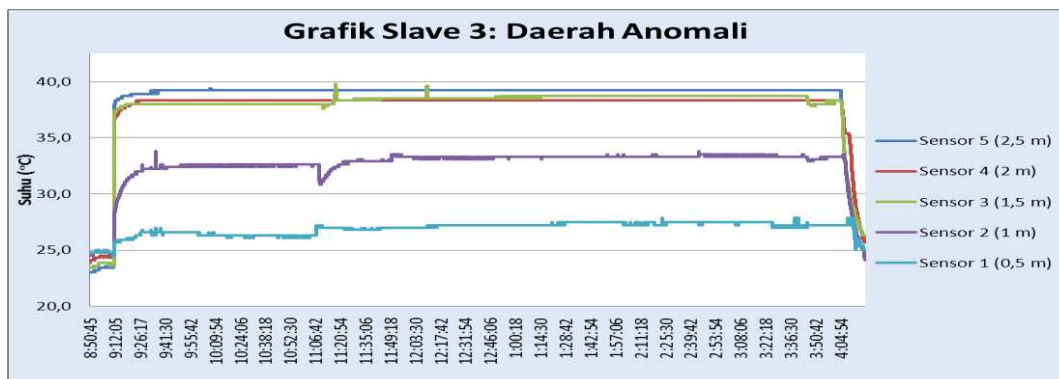


(a)

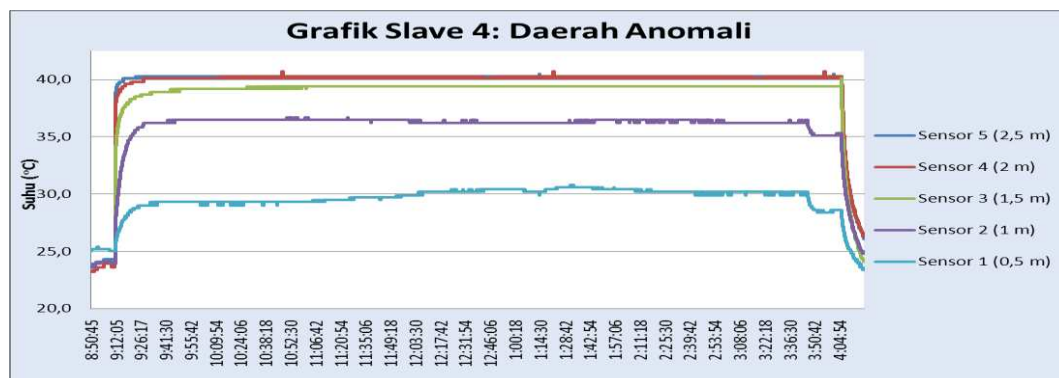
Gambar 8. Grafik anomali panas bumi di pemandian air panas Cangar.



(b)



(c)



(d)

Gambar 8 (lanjutan). Grafik anomali panas bumi di pemandian air panas Cangar.

4. Kesimpulan

Telah dikembangkan serta diaplikasikan sistem akusisi data untuk pengukuran suhu bawah permukaan secara terdistribusi. Sistem ini mampu mengukur suhu bawah permukaan sampai kedalaman 2,5 meter, serta dapat melakukan pengukuran sekaligus pada empat titik pengukuran. Sistem yang dikembangkan meliputi RTU (unit *slave*) berbasis mikrokontroler menggunakan ATmega8 untuk akusisi data dari sensor suhu LM35, dan MTU (unit *master*) yang melayani proses monitoring pada perangkat RTU melalui sistem komunikasi data RS-485. Dari hasil pengujian, alat ini mampu mengukur

suhu bawah permukaan baik daerah tanpa anomali maupun daerah anomali panas bumi.

Daftar Pustaka

- Arif, I. H., Refrizon, 2005. Distribusi sumber panas bumi berdasarkan survei gradien suhu dekat permukaan gunung api Hulu Lais. *Jurnal Gradien*. 1(2): 64-48.
- Axelson, J., 1998. *Serial Port Complete: Programming and Circuits for RS-232 and RS-485 Links and Networks*, Lakeview Research, Madison, WI.

- Bevinton, P. R., Robinson, D. K., 1992. Data Reduction Analysis for The Physical Sciences, 2nd edition. Mc.Graw-Hill, New York.
- Cheeke, D. 2007. Sensor Signal Conditioning. *Journal Sensors & Transducers*, 82(8):1381-1388.
- Data sheet LM35. 2000. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. 12 Januari 2012.
- Santoso, D. R., Maryanto, S., Wardoyo, P., 2012. Development of a simple & low-cost Instrumentation system for real time volcano Monitoring. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 2(1): 532-542.
- Sahara, I., 2011. Perancangan sistem terdistribusi untuk monitoring menggunakan DS I 820 berbasis mikroprosesor Tiny Inter Net interface (TINI) TBM 290. Program Studi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia.
- Santoso, D. R., 2010. A Simple Instrumentation System For Large Structure Vibration Monitoring. *indonesian Journal Of Elektrical Engineerring*, 8(3):265-274.
- Santoso, D. R., 2005. Development of piezoelectric sensor system for strain measurement and its application to structural health monitoring. Dissertation, Graduate school of engineering, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima Japan.
- Vitria, R. (2008), Komunikasi data serial multipoint menggunakan Teknik rs485 half duplex, *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa* 3(2):1858-3709.